一、数字孪生技术以及应用现状

 （一）基本概念

 数字孪生的概念最早起源于2003年的迈克尔教授的生命周期管理课程，起初这个概念是由三个部分组成，即真实、虚拟空间以及两者之间的数据连接，但当时还没有确定“数字孪生”的具体概念。2010年，迈克尔教授在自己的著作中正式为其命名。因为在制造系统中物理对象的种类和展现形式较为丰富，所以对应的定义较为多样化。例如，美国航空研究实验室认为，它是一种仿真的模型，能够在飞行器或者系统中得到应用，并且具备多样化的物理场、概率以及尺度。在运用中应该贯彻科学的理念，提升系统中历史数据、传感器数据以及物理对象模型的应用效果，这样才能直观地反映实体的使用状况、所处状态和预测未来演变趋势[1]。我国研究学者陶飞认为，数字孪生是产品生命周期的重要构成要素，科学应用生命周期中的有效数据、模拟数据以及两者之间的交互数据，才能映射产品的实际情况。2018年，国际上又提出新的研究概念，数字孪生能够对产品进行全面数字化处理，它可以有效模拟系统在稳定环境中的运行状况。

 （二）应用现状

 根据调查数据可知，数字孪生的研究工作呈现几何倍数的递增。在2013年时有关于数字孪生文献每年的产出数量还在个位数徘徊，到2018年时每年就已经有了70多篇文献资料。数字孪生技术在产品个性化设计、生产、制造以及探究制造车间虚拟化的机制与实现方法中有着广泛地应用。

二、数字孪生在智能装备制造中的应用模式

 （一）在设备运行环节的应用

 在原有模式中单机设备制造的流程为：根据方案进行结构布局、智能设备设计、明确运行程序，进行软件设计、系统调试以及正式投入使用。而数字孪生就能有效简化制造的流程，在设计阶段利用信息技术，构建一个数字化的真实模型，把设计、程序、软件等环节汇集到一起，利用虚拟情境检验制造的流程。如果在模拟中出现问题，只需要直接在模型中修改就可以[2]。例如，机械设备出现偏差，需要结合情况改变结构参数、运输带的位置等。之后再次执行操作，保障这次能够正确地完成任务。在经过多次的调试后，就可以把虚拟设备中的数据直接映射到样机中，加强现场调试工作的先进性，提升工作效率。

 虚拟样机构建的一般环节：第一，构建数字模型。利用图纸文件编辑软件，在智能装备设计的阶段就能完整地构建真实的数字模型，其中包含产品的外在结构、内部的零件尺寸大小以及需要安装位置等。第二，优化虚拟信号。图纸文件编辑处于平面的状态，但是智能装备制造工作是动态的，所以要利用仿真技术对其中的各个组件进行运行定义，设置虚拟信号的运行参数、范围和限制等，稳定样机的状态。在这个过程中数字孪生和物理实体的运行状态得到高度的统一。第三，加强信号连接。利用PLC构建软连接和硬连接，先利用仿真模型自身的特征，能够进行软与软的连接。第四，调试操作。能够根据仿运行中存在的问题进行调节，从而保障制造工作的正确性和完整性。

 （二）在产线运行环节的应用

 在设计环节中最困难的就是验证工作，在制造中要经历多项操作工序，并且每项工序的运行速度、时间间隔以及推进速度都需要在进行验证，判断其是否能正常应用。利用数字孪生就能提升验证工作的效率和准确性，利用系统中的数据进行科学分析，在智能装备制造中把存储的数据进行复制，然后就能立即进行使用，这样能够减少资源损耗，提高各个机械设备之间的连接速度。对调试阶段的数据进行优化，能提高生产的先进性，能降低能耗和损耗、提升装置的产量等。

 要想提升产线的数字孪生的发展水平，就需要加强以下的工作：第一，以设备数字孪生为基础，把多个数值模型汇集到同一个虚拟空间中。应该提升计算机的内部配置，以便数据能够大批量导入。在构建中提高系统的优化程度，确保数字孪生能稳定运行。第二，在运行中进行有效的力学控制，为数字模型增加物理属性，建立系统的重力场。第三，需要设备多个开发通讯口，把各个数据汇集到整个中央控制器中，利用数据库进行信号匹配工作，从而实现对多个视觉系统进行有效控制，利用数据库的驱动作用，引导机器人进行工作。第四，集成和协同网络的能力。汇集每个设备中的运行数据，明确零部件的使用次数，利用云技术进行数据统计，判断设计时序和节拍是否合理，检测关键数据是否准确，从而达到数字孪生管理和维护的目的。

 （三）在工厂运行环节的应用

 在工厂层对数字孪生进行有效应用，对整个物流系统进行有效控制，对制造规划、产品质量、材料资源以及人力资源进行统一的数字化管理。在对材料管理时应该协调好出入库工作，定期进行盘点，在数字化系统中能够查看材料的数量变化。利用MES技术建立模拟物料，这样就能让虚拟世界和现实世界同步发展，一旦在运行中出现问题，就能在系统中准确定位出问题的具体位置。在生产中把计划发到系统中，利用数字模型编写生产指导书，为模型和生产计划构建联系，即使生产中出现变化条件，也能立即应对。

 结论：数字孪生在智能装备制造中有着重要的意义，能够实现物理对象和虚拟模型的相互映射，提升物理实体虚拟化和信息化的发展程度。数字孪生是智能工厂运行中不可或缺的一部分，能够对制造设备和生产线进行虚拟化处理。在应用中充分利用大数据技术和信息技术，能够提升数字孪生在制造中的应用价值。